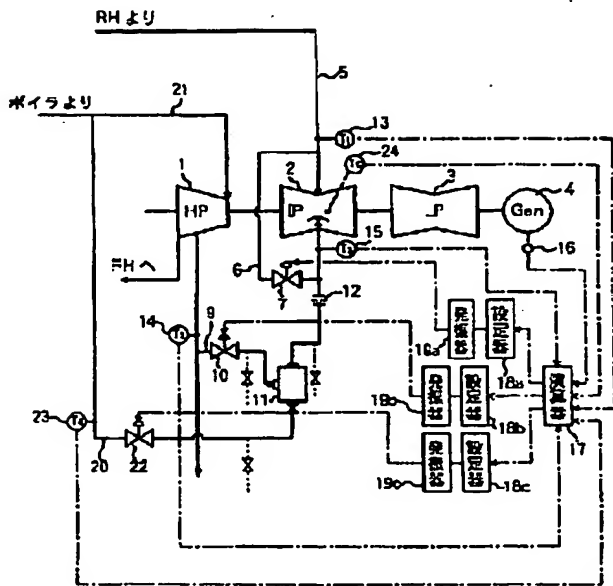


## Patent Abstracts of Japan

**TITLE : A METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING WARMING AND COOLING STEAM OF STEAM TURBINE**



**COPYRIGHT: (C)1997,JPO**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-177505

(43)公開日 平成9年(1997)7月8日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 D 19/00			F 0 1 D 19/00	S
25/12			25/12	A
F 0 1 K 7/18			F 0 1 K 7/18	A
7/38	1 0 2		7/38	1 0 2 F

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-335366

(22)出願日 平成7年(1995)12月22日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 林 知 幸

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社

東芝本社事務所内

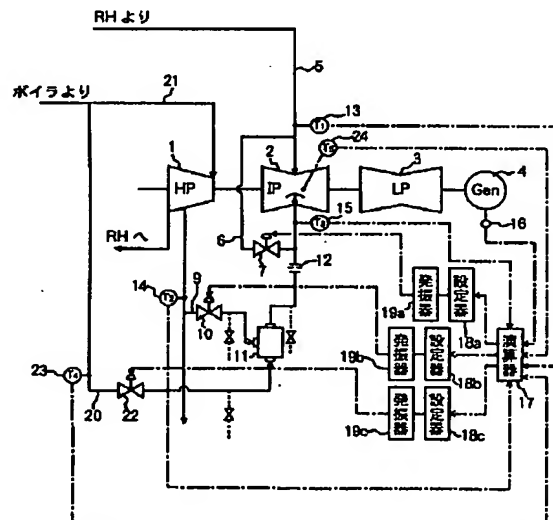
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置及び制御方法

(57)【要約】

【課題】 タービンの運用状態毎の適切な温度制御を実施することで、起動時においてはロータメタル温度と近傍の雰囲気温度の差を小さくし、通常運転時においては、ロータ翼植込部の材力の低下を抑制する。

【解決手段】 再熱蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第1のクーリング蒸気系統6と、高圧タービン1からの抽気蒸気を上記中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第2のクーリング蒸気系統9とを有し、両系統にそれぞれクーリング蒸気制御弁7、10を設けた蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置において、主蒸気等の高熱源21からの抽気蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第3のクーリング蒸気系統20を設け、そのクーリング蒸気系統20にクーリング蒸気制御弁22を設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】再熱蒸気の中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第1のクーリング蒸気系統と、高圧タービンからの抽気蒸気を上記中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第2のクーリング蒸気系統とを有し、両系統にそれぞれクーリング蒸気制御弁を設けた、蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置において、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第3のクーリング蒸気系統を設け、そのクーリング蒸気系統にクーリング蒸気制御弁を設けたことを特徴とする、蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置。

【請求項2】再熱蒸気の中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第1のクーリング蒸気系統と、高圧タービンからの抽気蒸気を上記中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第2のクーリング蒸気系統を設けるとともに、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第3のクーリング蒸気系統を設け、上記再熱蒸気、高圧タービン抽気蒸気、中圧タービンロータに供給されるクーリング蒸気温度、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気温度及び中圧ロータメタル温度を常時検出し、上記再熱蒸気温度が主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気温度より低いときには、上記第3のクーリング蒸気系統を介して上記主蒸気等からの抽気蒸気をウォーミング蒸気として中圧タービンロータ部に供給するようにしたことを特徴とする、蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御方法。

【請求項3】上記中圧タービンロータに供給されるクーリング蒸気温度が中圧ロータメタル温度より高い場合には、主蒸気等からの抽気蒸気に再熱蒸気を混合することを特徴とする、請求項2記載の蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御方法。

【請求項4】再熱蒸気温度が高圧抽気蒸気温度より高い場合には、高圧抽気蒸気を中圧タービンロータ部にクーリング蒸気として供給するとともに、クーリング蒸気温度が中圧ロータメタル温度設定値より低い場合及び中圧ロータメタル温度が中圧ロータメタル温度設定値より低い場合には、上記中圧タービンロータ部に供給される高圧抽気蒸気に対して再熱蒸気を混合することを特徴とする、請求項2記載の蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置及びその制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】最近の蒸気タービンにおいては蒸気条件

の高温化が著しく、ロータ、翼の植込部の高温強度面から、各運用状態毎での適切なクーリングによる温度制御が切望されている。

【0003】特に高温化においては、ボイラの構造より、再熱蒸気の高温化が先行する傾向にあり、中圧タービン制御が必要である。また、ユニット停止から次にタービンを起動する場合、一般的に再熱蒸気のタービン通気時温度は、中圧ロータメタル温度よりも低く、タービン起動過程初期においては、中圧タービン入口雰囲気温度を早期に上昇させることが要望されている。

【0004】図7は、従来のクーリング蒸気系統を示す図であり、高圧タービン1、中圧タービン2及び低圧タービン3が同一軸上に連結されており、上記低圧タービン3には発電機4が連結されている。上記中圧タービン2に再熱蒸気を供給する再熱蒸気管5には、中圧タービン2のロータ部に再熱蒸気を導入する第1のクーリング蒸気ライン6が分岐導出されており、その第1のクーリング蒸気ライン6には第1のクーリング蒸気制御弁7が設けられている。

【0005】また高圧タービン1には高圧抽気管8が導出されており、その高圧抽気管8には高圧タービンの抽気蒸気を中圧タービン2のロータ部に導入する第2のクーリング蒸気ライン9が分岐導出され、その第2のクーリング蒸気ライン9は第2のクーリング蒸気制御弁10、クーリング蒸気弁11及びオリフイス12を介して、前記第1のクーリング蒸気ライン6に中圧クーリング蒸気制御弁7の下流側で接続されている。

【0006】一方、再熱蒸気管5、高圧抽気管8及びクーリング蒸気の中圧タービン入口部には、それぞれの蒸気温度を検出する温度検出器13、14、15が設けられている。また、発電機4には負荷検出器16が設けられている。そして、上記温度検出器13、14、15及び負荷検出器16からの検出信号はそれぞれ演算器17に入力され、その演算器17からの出力信号が設定器18を経て発振器19に入力され、その発信器19からの出力信号によって第1のクーリング蒸気制御弁7及び第2のクーリング蒸気制御弁10の開度が制御されるようにしてある。

【0007】しかして、中圧タービンの通気を高圧タービンの通気に先行させてタービンの起動を行う中圧起動時においては、タービンリセットの時点で、第1のクーリング蒸気制御弁7及びクーリング蒸気弁11を開き、負荷がx%まで到達して高圧タービン1に通気されると、温度検出器13で検出される再熱蒸気温度 $T_1$ 、温度検出器14で検出される高圧タービン抽気温度 $T_2$ 、からなる関数及び起動パターンによって決定される時間 $\Delta T$ をかけて、第2のクーリング蒸気制御弁10が開方向に制御され、高圧タービンの抽気蒸気がクーリング蒸気として中圧タービン2のロータ部に供給される。そして、その後温度検出器15で検出されるクーリング蒸気

温度 $T_1$ が設定値となるように、第1のクーリング蒸気制御弁7及び第2のクーリング蒸気制御弁10の開度が制御される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが、一般にタービンの再起動時においては、中圧ロータメタル温度が再熱蒸気温度より高く、両者間の温度差が大きいことが多く、ロータ熱応力発生面からタービンヒートソーク時を長くする必要があり、ユニット起動時間が長くなる等の問題があり、また、各負荷運用中においても各運用状態毎での中圧ロータメタル温度に対応したクーリングの温度制御が必ずしも十分でない等の問題がある。

【0009】本発明はこのような点に鑑み、中圧タービンのクーリング或はウォーミングによる運用状態毎の適切な温度制御を実施することで、起動時においては、ロータメタル温度と近傍の雰囲気温度の差を小さくし、熱応力の発生を軽減でき、また通常運用時においては、各運用毎の適切なクーリングにより、蒸気温度の高温化に対するロータ、翼植込部の材力の低下を抑制することができるようにした蒸気タービンのクーリング並びにウォーミング蒸気制御装置及び制御方法を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、再熱蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第1のクーリング蒸気系統と、高圧タービンからの抽気蒸気を上記中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第2のクーリング蒸気系統とを有し、両系統にそれぞれクーリング蒸気制御弁を設けた蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置において、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第3のクーリング蒸気系統を設け、そのクーリング蒸気系統にクーリング蒸気制御弁を設けたことを特徴とする。

【0011】第2の発明は、再熱蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第1のクーリング蒸気系統と、高圧タービンからの抽気蒸気を上記中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第2のクーリング蒸気系統を設けるとともに、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気を中圧タービンロータのクーリング蒸気として供給する第3のクーリング蒸気系統を設け、上記再熱蒸気、高圧タービン抽気蒸気、中圧タービンロータに供給されるクーリング蒸気温度、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気温度及び中圧ロータメタル温度を常時検出し、上記再熱蒸気温度が主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気温度より低いときには、上記第3のクーリング蒸気系統を介して上記主蒸気等からの抽気蒸気をウォーミング蒸気として中圧タービンロータ部に供給するようにしたことを特徴とする。

【0012】また、第3の発明は、再熱蒸気温度が高圧

抽気蒸気温度より高い場合には、高圧抽気蒸気を中圧タービンロータ部にクーリング蒸気として供給するとともに、クーリング蒸気温度が中圧ロータメタル温度設定値より低い場合及び中圧ロータメタル温度が中圧ロータメタル温度設定値より低い場合には、上記中圧タービンロータ部に供給される高圧抽気蒸気に対して再熱蒸気を混合することを特徴とする。

【0013】

【実施例】以下、図1乃至図6を参照して本発明の実施の形態について説明する。なお、図中図7と同一部分には同一符号を付しその詳細な説明は省略する。

【0014】図1は本発明におけるクーリングまたはウォーミング蒸気系統を示す図であり、中圧タービンロータ部に再熱蒸気を導入する第1のクーリング蒸気ライン6と高圧タービンの抽気蒸気を中圧タービンロータ部に導入する第2のクーリング蒸気ライン9とは別に、さらにボイラに接続された主蒸気系からの抽気蒸気を中圧タービンロータ部に導入する第3のクーリング蒸気ライン20が設けられている。

【0015】すなわち、ボイラ（図示せず）から高圧タービン1に主蒸気を供給する主蒸気管21には、上記第3のクーリング蒸気ライン20が分岐導出されており、その第3のクーリング蒸気ライン20の先端がクーリング蒸気弁11に接続されている。そして、その第3のクーリング蒸気ライン20の途中には第3のクーリング蒸気制御弁22が設けられている。

【0016】また、上記第3のクーリング蒸気ライン20には温度検出器23が設けられ、さらに中圧タービン2にはロータメタル温度を検出する温度検出器24が設けられており、この温度検出器23及び24で検出された主蒸気温度及びロータメタル温度も演算器17に入力され、その演算器17からの出力信号が設定器18cを介して発振器19cに入力され、その発振器19cからの出力信号によって第3のクーリング蒸気制御弁22が制御されるようにしてある。

【0017】しかして、本発明においては、まず前記各温度検出器13、14、23、24並びに負荷検出器16からの信号により、ユニットの運用状態が把握され、クーリング蒸気系統において必要に応じて、高圧タービン抽気を中圧タービンロータ部に導入する第2のクーリング蒸気ライン9、または主蒸気系からの抽気を上記中圧タービンロータ部に導入する第3のクーリング蒸気ライン20を選択し、所定のクーリング或はウォーミングができるように、ロータメタル温度等をみながら各クーリング蒸気制御弁7、10、22等を制御し、クーリング蒸気流量、温度のコントロールが行われる。

【0018】本発明の作用を図2乃至図4の制御フローチャートを用いて説明する。まず、図2において前記各温度検出器13、14、15、23及び24で検出された温度信号 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 及び $T_5$ 、並びに負

荷検出器16からの負荷信号LがステップS1で常時検出されている。タービン起動過程においてはステップS2でタービン通気検出が行われると同時に、ステップS3でウォーミング制御が開始される。

【0019】ところで、図5は、ユニット停止から次の再起動までの時間による再熱蒸気温度 $T_1$ 、中圧ロータメタル温度 $T_5$ 、及び主蒸気抽気温度 $T_2$ の一例を示す図であり、これから判るように、通気初期では、再熱蒸気温度 $T_1$ は中圧ロータメタル温度 $T_5$ より低く、主蒸気抽気温度 $T_2$ は蒸気 $T_1$ より一般に高い。このため再熱蒸気が中圧タービン2に通気されると、中圧ロータメタルが冷やされ、熱応力発生の要因となる。そこで、中圧ロータメタルを過度に冷却することがないように主蒸気抽気を用いたウォーミングが実施される。

【0020】すなわち、ウォーミング制御においては、ステップS31において再熱蒸気温度 $T_1$ と主蒸気抽気温度 $T_2$ が比較され、再熱蒸気温度 $T_1$ が主蒸気抽気温度 $T_2$ より低い場合には、ステップS32の指令により第3のクーリング蒸気制御弁22が開方向に制御されるとともにクーリング蒸気弁11が開られ、主蒸気抽気が中圧タービンロータ部に供給され、当該部のウォーミングが実施される。

【0021】そこで、ステップS33で中圧ロータメタル温度 $T_5$ とその中圧ロータ部に導入される蒸気の温度すなわちウォーミング蒸気温度 $T_4$ とが比較され、その差に応じてステップS34においてクーリング蒸気制御弁7が開度調整され主蒸気抽気に再熱蒸気が混合され、或は第3のクーリング蒸気制御弁22の開度調整が行われ、適切なウォーミング蒸気温度、流量が制御される。

【0022】一方、ステップS35で再熱蒸気温度 $T_1$ と中圧ロータメタル温度 $T_5$ の差が常時検出されており、中圧ロータメタル温度 $T_5$ が再熱蒸気温度 $T_1$ よりまだ高い場合には第3のクーリング蒸気制御弁22の開度調整が行われ、また再熱蒸気温度 $T_1$ が中圧ロータメタル温度 $T_5$ より高くなると、ステップS36において、第1及び第3のクーリング蒸気制御弁7、22及びクーリング蒸気弁11が閉止され、ウォーミングが終了する。そして、これらの制御は起動操作（タービン通気から初負荷）と並行して実施される。

【0023】その後、前記負荷検出器16で検出された負荷信号Lにより初負荷が検出されると（図2、ステップS4）、中圧ロータメタル温度の緩和を図るように、ステップS5においてクーリング制御が実施される。

【0024】すなわち、図4のステップS51において、高圧タービンからの抽気蒸気温度 $T_3$ と再熱蒸気温度 $T_1$ とが比較され、高圧抽気温度 $T_3$ の方が再熱蒸気温度 $T_1$ より低い場合は、ステップS52において第2のクーリング蒸気制御弁10及びクーリング蒸気弁11の開制御が行われ、クーリングが実施される。そして、ステップS53において予め設定された中圧ロータメタル

温度設定値とクーリング蒸気温度 $T_4$ とが比較され、クーリング蒸気温度 $T_4$ が低い場合には、ステップS54において第1のクーリング蒸気制御弁7も開度調整され、再熱蒸気が混合され適切なクーリング蒸気温度、流量に制御される。一方、クーリング蒸気温度 $T_4$ の方が高い場合には、第2のクーリング蒸気制御弁10の開度が調節される。

【0025】また、中圧ロータメタル温度設定値とクーリング蒸気温度 $T_4$ とが殆ど同じである場合には、ステップS55において中圧ロータメタル温度設定値と、温度検出器24で検出される中圧ロータメタル温度検出値 $T_5$ が比較され、その偏差に応じて第1及び第2のクーリング蒸気制御弁7、10が制御され、刻々と変わる蒸気温度に対して適切なクーリングが実施される。

【0026】これらの制御はステップS56において継続運用状態が検知され、起動操作（初負荷から全負荷）ならびに負荷運用状態中実施されており、ユニット停止指令によりこれらの制御は終了する。

【0027】図6は本発明の効果の一例を示す図であり、起動から運用中までの時間経過を横軸に示し、縦軸に再熱蒸気温度 $T_1$ 及び中圧ロータメタル温度 $T_5$ を示す。なお、図中点線Cは本発明を実施しない場合の中圧ロータメタル温度の変化を示す。

【0028】上記本発明を実施しない場合の中圧ロータメタル温度は再熱蒸気で冷却されるため、ロータ表面と中心の温度に大きな差を生じ、熱応力が発生する。

【0029】これに対し、本発明においては実線bに示すようにウォーミングによる効果でロータ表面温度の変化が少なく、ロータ表面と中心の温度の差が小さく、熱応力は十分に緩和される。なお、図6において一点鎖線aで示すように再熱蒸気温度 $T_1$ の上昇にしたがい、中圧ロータメタル温度 $T_5$ より高くなる時点でウォーミングは終了し、中圧ロータメタル温度は再熱蒸気温度にしたがい上昇していく。

【0030】また、初負荷が検知された以降は、前述のようにクーリングが実施され、負荷運用中予め設定された中圧ロータメタル温度設定値以下となるように制御され、中圧ロータメタル温度が低く制御され、ロータ及び翼植込部の材力低下が抑制される。

【0031】なお、上記実施例においては、クーリング蒸気源として高圧タービン抽気と主蒸気抽気を使用しているけれども、ボイラからの抽気或は高圧タービン排気等を使用したり、或はこれらを組み合わせて使用することができ、対象となるユニット毎における各蒸気温度と経済性に応じて選定することができる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては再熱蒸気及び高圧タービン抽気をクーリング蒸気として中圧タービンロータ部に供給するようにしたのにおいて、主蒸気等の高熱源からの抽気蒸気をクーリング蒸気

として供給する第3のクーリング蒸気系統を設け、その第3のクーリング蒸気系統にもクーリング蒸気制御弁を設けたので、起動時においては、上記第3のクーリング蒸気系統によってクーリング蒸気を中圧タービンロータ部に供給することができ、ロータメタル温度と近傍の雰囲気温度の差を小さくし、熱応力の発生を軽減することができる。また、通常運転時においても中圧タービンロータメタル温度に関連してクーリング蒸気温度を適宜調節することによって、ロータメタル温度を適切にクーリングでき、蒸気温度の高温化に対するロータ、翼植込部 10の材力の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の蒸気タービンのウォーミング並びにクーリング蒸気制御装置の系統図。

【図2】本発明におけるウォーミング及びクーリング制御方法を示す制御フロー図。

【図3】本発明におけるウォーミング時の制御フロー図。

【図4】本発明におけるクーリング時の制御フロー図。

【図5】ユニット停止から再起動までの時間の再熱蒸気、中圧ロータメタル及び主蒸気抽気の通気時の温度の一例を示す線図。

\*【図6】通気から起動完了に至るまでの再熱蒸気及び中圧ロータメタル温度の変化を示す図。

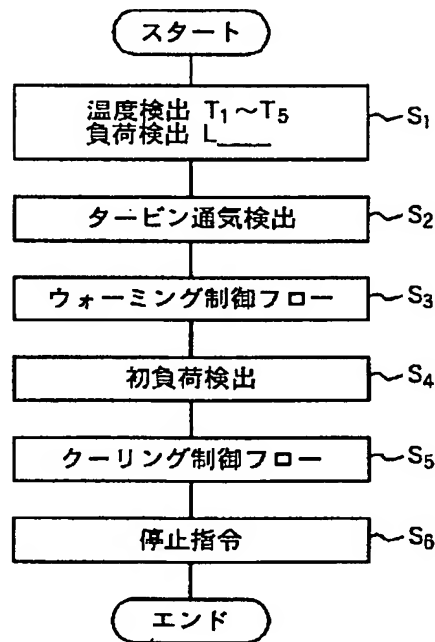
【図7】従来のクーリング蒸気系統図。

【符号の説明】

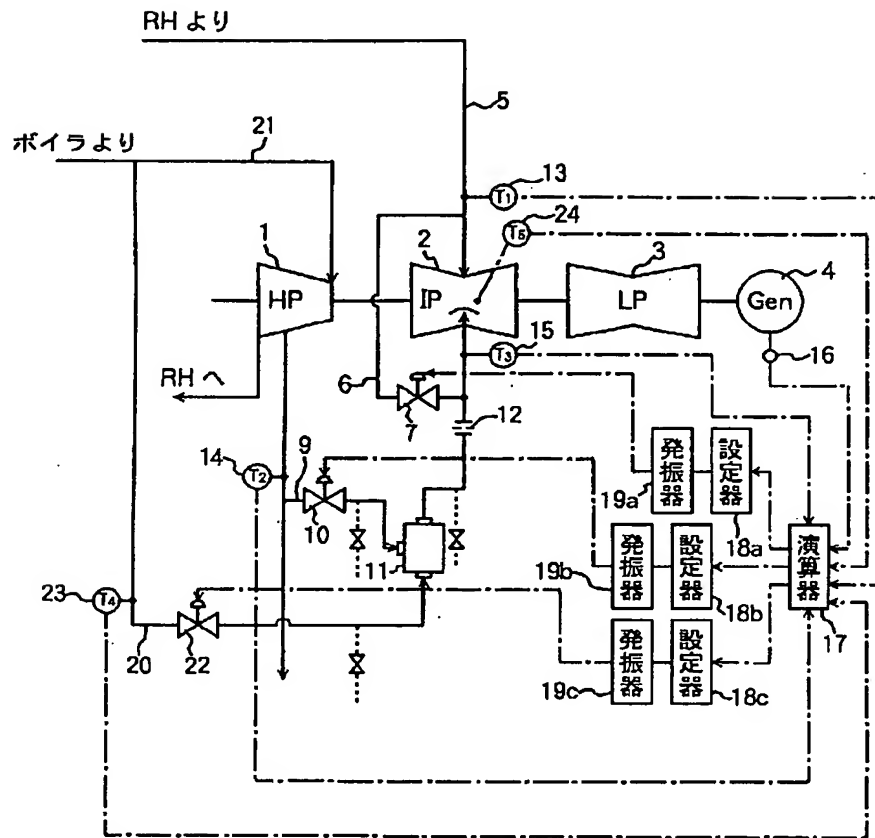
- 1 高圧タービン
- 2 中圧タービン
- 5 再熱蒸気管
- 6 第1のクーリング蒸気ライン
- 7 第1のクーリング蒸気制御弁
- 8 高圧抽気管
- 9 第2のクーリング蒸気ライン
- 10 第2のクーリング蒸気制御弁
- 11 クーリング蒸気弁
- 13, 14, 15 温度検出器
- 16 負荷検出器
- 17 演算器
- 18 a, 18 b, 18 c 設定器
- 19 a, 19 b, 19 c 発振器
- 20 第3のクーリング蒸気ライン
- 22 第3のクーリング蒸気制御弁
- 23, 24 温度検出器

\*

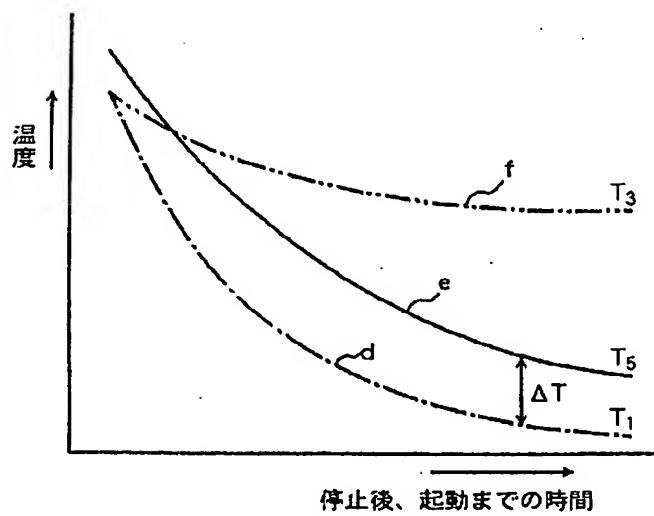
【図2】



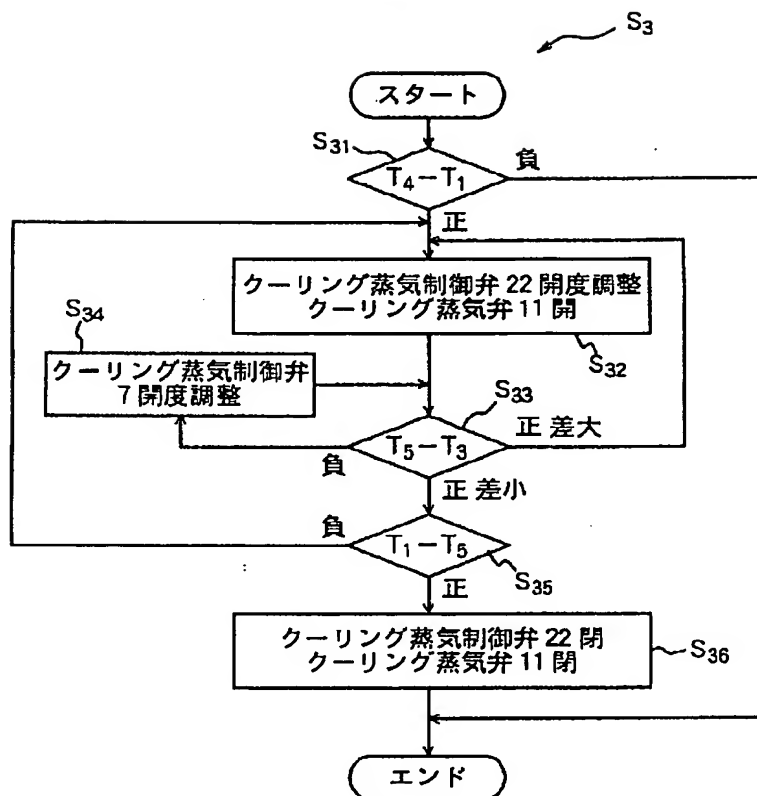
【図1】



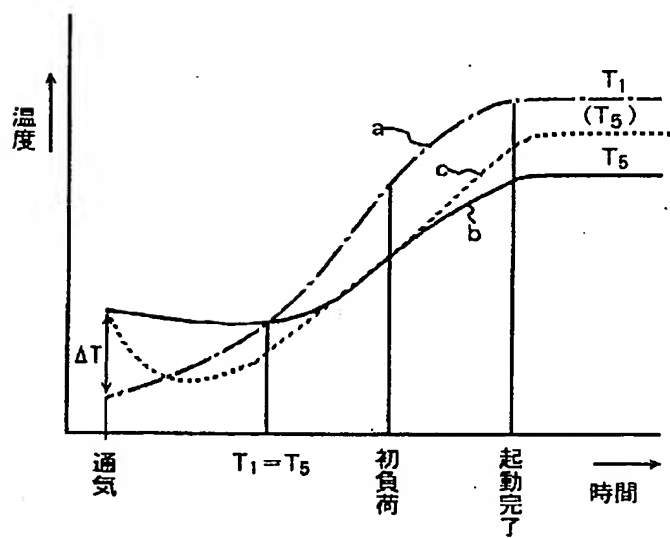
【図5】



【圖 3】

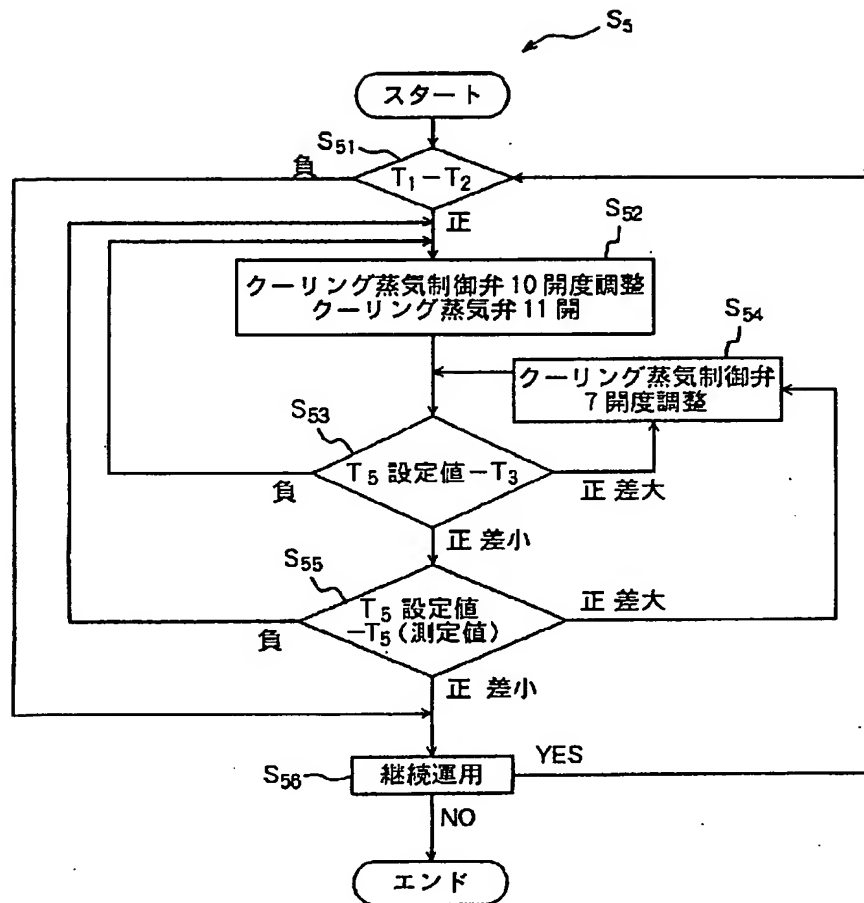


【図6】





【図4】



【図7】

